

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-230499

(43)Date of publication of application : 14.10.1991

(51)Int.Cl.

H05F 3/04  
H02M 9/06

(21)Application number : 01-265189

(71)Applicant : TAKASAGO THERMAL ENG CO  
LTD

(22)Date of filing : 13.10.1989

(72)Inventor : SAKATA SOICHIRO  
YOSHIDA TAKAKI  
OKADA TAKAO

(30)Priority

Priority number : 64 52867  
64 55813Priority date : 07.03.1989  
08.03.1989

Priority country : JP

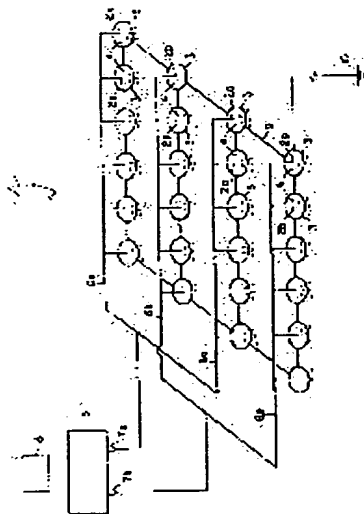
JP

## (54) ION GENERATOR AND ELECTRICITY REMOVING FACILITY FOR CHARGED ARTICLE IN CLEAN SPACE BY USE THEREOF

## (57)Abstract:

PURPOSE: To effectively prevent the static electricity electrification of the manufacturing environment by arranging multiple needle-shaped emitters and ground counter electrodes in the direction crossing the flow of clean air, and applying the unbalanced AC voltage biased to positive or negative to these discharge electrodes.

CONSTITUTION: Many discharge sections 4 each constituted of a pair of a needle-shaped emitter 2 and a loop-shaped ground counter electrode 3 are arranged expansively two-dimensionally in the direction crossing the flow 1 of clean air. Emitters 2a on the uppermost first line and emitters 2a on the third line from the top are connected to the output terminal 7a of a voltage controller device 5, and emitters 2b on the second line from the top and emitters 2b on the fourth line from the top are connected to the output terminal 7b of the device 5. The AC high voltage added with the preset bias voltage on the negative side is applied from the terminal 7b. The AC high voltage added with the bias voltage on the positive side sometime than that of the terminal 7b is applied from the terminal 7a. The magnitude of the high voltage and the magnitude of the bias and the cycle sometime are adjusted by a controller 8.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-230499

⑮ Int.Cl.<sup>5</sup>

H 05 F 3/04  
H 02 M 9/06

識別記号

J  
D

庁内整理番号

7028-5G  
8325-5H

⑬ 公開 平成3年(1991)10月14日

審査請求 未請求 請求項の数 10 (全19頁)

⑭ 発明の名称 イオン発生装置およびこれを用いた清浄空間内の帯電物品の除電設備

⑯ 特 願 平1-265189

⑰ 出 願 平1(1989)10月13日

特許法第30条第1項適用 1989年8月24日、静電気学会共催の「第7回エアロゾル科学・技術研究討論会」において発表

優先権主張 ⑱ 平1(1989)3月7日 ⑲ 日本(JP) ⑳ 特願 平1-52867

⑱ 平1(1989)3月8日 ⑲ 日本(JP) ⑳ 特願 平1-55813

㉑ 発 明 者 阪 田 総 一 郎 神奈川県横浜市緑区鴨志田町807-43

㉒ 発 明 者 吉 田 隆 紀 神奈川県座間市立野台639-2

㉓ 発 明 者 岡 田 孝 夫 東京都町田市玉川学園2-16-13

㉔ 出 願 人 高砂熱学工業株式会社 東京都千代田区神田駿河台4丁目2番地8

㉕ 代 理 人 弁理士 和田 憲 治

明 細 書

1. 発明の名称

イオン発生装置およびこれを用いた清浄空間内の帯電物品の除電設備

2. 特許請求の範囲

(1) 針状の放電極に高電圧を印加してコロナ放電により該放電極周辺の空気をイオン化するイオン発生装置において、導電性の接地グリッド又は適宜間隔で配置された複数の接地リングと、該接地グリッド又は接地リングの夫々の内側空間に配置された針状の放電極と、これらの放電極に対し正又は負に偏った不平衡交流高電圧（正または負に偏ったバイアス電圧が印加された交流高電圧）を印加する高圧電源と、該不平衡交流高電圧の大きさと正又は負の偏りの大きさの場合によっては同期も調節できるコントローラとで構成したことを特徴とするイオン発生装置。

(2) 針状の放電極の放電端には石英が被着されている請求項1に記載のイオン発生装置。

(3) 針状の放電極に交流の高電圧を印加してコロ

ナ放電を行わせる交流式イオン発生器を、フィルタを通過した清浄空気の流れの中に設置し、このイオン発生器によってイオン化された空気の流れを静電気を帯びた物体に供給して該帯電物体上の静電気を中和する設備において、

該イオン発生器における該放電極の放電端がセラミックスの誘電体材料で被覆されており、

該放電端が、グリッド状またはループ状の接地された対極に対して所定の距離を離して空気中に配置されることによって、1個の放電対が形成され、

この放電対が前記の清浄空気の流れを横切る方向に二次元的な並びをもって多数配置され、

このように配置された多数の放電対のうち、或る放電対の放電極が、マイナスのバイアス電圧が付加された交流の高電圧電源に接続されることによって擬似陰極エミッタを構成し、他の放電対の放電極が、前記のマイナスのバイアス電圧よりもプラスの側に偏ったバイアス電圧が付加された交流の高電圧電源に接続されることによって擬似陽

極エミッタを構成し、

これら擬似陰極エミッタと擬似陽極エミッタが前記の二次元的な拡がりをもった配置のなかで分散して配置されていることを特徴とする清浄空間内に存在する帯電物品の除電設備。

(4) 清浄空間は半導体製造のための空間である請求項3に記載の帯電物品の除電設備。

(5) セラミックスの誘電体材料は石英である請求項3または4に記載の帯電物品の除電設備。

(6) 擬似陰極エミッタを構成している放電極の放電端は、グリッド状またはループ状の接地された対極に対し気流の下流側に位置している請求項3、4または5に記載の帯電物品の除電設備。

(7) 多数の放電対のうち、或る放電対の放電極が、マイナスのバイアス電圧が付加された共通の交流の高電圧電源に接続されることによって擬似陰極エミッタを構成し、他の放電対の放電極が、プラスのバイアス電圧が付加された共通の交流の高電圧電源に接続されることによって擬似陽極エミッタを構成している請求項3、4または5に記

載の帯電物品の除電設備。

(8) バイアス電圧が付加された交流の高電圧電源は、商用の交流を入力してこれを所定の高電圧の交流に昇圧する手段およびこの昇圧した交流に所定の正または負にバイアスした直流電圧を付加する手段を備えた電圧コントロール装置からなり、この電圧コントロール装置は、該交流電圧の大きさおよびバイアス電圧の大きさを自在に調整できる操作部を備えている請求項3、4、5、6または7に記載の帯電物品の除電設備。

(9) 擬似陰極エミッタを構成している放電極と擬似陽極エミッタを構成している放電極は、二次元的な拡がりの中で少なくとも一次元方向には互い違いに分散して配置されている請求項3、4、5、6、7または8に記載の帯電物品の除電設備。

(10) 放電対は該清浄空気の流れの方向に直角な方向に二次元的な拡がりをもって多数配置される請求項3、4、5、6、7、8または9に記載の帯電物品の除電設備。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (産業上の利用分野)

本願発明は、改善された交流式イオン発生器を用いて清浄空間内の帯電物品を除電する設備に係り、詳しくは、コロナ放電を行わせる交流式イオン発生器のエミッタがセラミックスの誘電体で被覆され、このエミッタの多数が清浄空気の流れの中に配置されると共に、その或るものにはマイナスのバイアス電圧が付加された交流の高電圧が印加され、他のものにはそれよりも正の側に偏ったバイアス電圧が付加された交流の高電圧が印加されることによって、前者は負イオン濃度の高い空気を発生させる擬似陰極エミッタとして機能し、後者は正イオン濃度の高い空気を発生させる擬似陽極エミッタとして機能するようにした、特に半導体製造用クリーンルームに適用される帯電物品の除電設備に関する。

#### (発明の背景)

例えば半導体素子を製造するクリーンルームでは、静電気の帯電現象に起因する種々の障害が問

題視されるようになった。このような障害には、半導体デバイスの破壊と性能劣化、微粒子の吸着による製品の表面汚染、エレクトロニクス機器の誤動作等がある。

半導体素子の高集積化、高速、省電力化が進むにつれて酸化絶縁膜の厚みもどんどん薄くなり、配線や金属電極が極小化し、このために、静電気による放電が発生すると、孔があいたり、金属成分が溶融または蒸発したりして、半導体デバイスの破壊や性能劣化を引き起こす。MOS-FETやGaAsでは100~200ボルトの電圧にも耐えられない場合があり、その素子の表面電位を20ボルト以下に下げる必要がある場合もある。半導体素子が完全に破壊した場合は出荷検査の段階でそれを見分けるが、性能劣化は見分けるのが非常に困難である。したがって静電破壊の障害を少なくするには、半導体が静電気に出会う機会をできるだけ少なくすること、すなわち素子および素子が組み込まれた基板に帯電物をできるだけ近づけないこと、帯電物はことごとく除電しておくことであ

る。ところが、これを完全に運行することは従来の技術では殆んど不可能であった。半導体製造工程における各種物体の表面電位の測定例として、ウエハ：5kV、ウエハキャリア：35kV、アクリルカバー：8kV、テーブル表面：10kV、保管キャビネット：30kV、作業着：10kV、石英パレット：1.5kVであったという報告例もある。

一方、最近のクリーンルームでは室内に供給する清浄空気流中には $0.03\mu\text{m}$ 以上の大きさの粒子は検出されないと言った超清浄度を維持するものまで登場した。しかし、クリーンルーム内に存在するオペレータ、ロボット、更には種々の製造装置類から微粒子が不可避免的に発生する。このような内部発生微粒子の大きさは $0.1\mu\text{m}$ から数 $10\mu\text{m}$ にもおよび、かような粒子が最小線幅が $1\mu\text{m}$ といった最近のLSI、VLSI等のウエハ上に付着すれば、格落ち品となって製品歩留りを低下させる。かような微粒子のウエハ表面への沈着は、大部分は静電気力によって起こり、その付近の気流形状とはほとんど無関係であることが明らかと

なってきた。したがって、この微粒子の吸着による製品の表面汚染の防止には、クリーンルームの清浄度を高める技術およびフィルターの性能向上技術とは直接的には関係のない静電気の除電技術の開発を待たねばならない。

また、クリーンルーム内にエレクトロニクス機器が存在する場合に、例えば帯電した人体やプリンク用紙が放電したりすると、その放電電流が静電ノイズとなって電子機器の誤動作を引き起こすこともある。この防止にも、クリーンルーム内に存在する帯電物体の除電が必要となる。

以上のようなクリーンルーム内での静電気の帯電現象に起因する各種の障害を除去するには、クリーンルーム内に存在する帯電した物体から帯電負荷を除去すること、つまり静電気を除電すればよい。この除電は、帯電物体が電気の良導体である場合には接地すればよく、これによって帯電した静電気を素早く逃がすことができる。しかしクリーンルーム内の全ての導体物品を接地することは事実上不可能であるし、帯電物体が絶縁体の場

合では接地しても除電できず無意味となる。ウエハについて言えば、ウエハ自身は導体であっても絶縁物であるカセットケースやパレットに入れて搬送されるために、接地によって帯電を除去することは困難である。このようなことから、イオナイザによる除電方式が提案された。

クリーンルーム内はフィルターで浄化された清浄空気流がほぼ一方向性に流れているので、この清浄空気流の上流側（通常はフィルターの空気吹出し面に近い位置）にコロナ放電によって空気をイオン化するイオナイザ（イオン発生器）を配置し、ここでイオン化した空気の流れを帯電物体の表面と触れさせることにより、帯電物体上の静電気を中和しようとするものである。すなわち、物体表面がプラスに帯電していればマイナスにイオン化した空気によって中和し、マイナスに帯電していればプラスにイオン化した空気によって中和して、物体表面の静電気を除電しようとするものである。

これまで、かようなコロナ放電によるイオン発

生器として、Pulsed-DCタイプ、DCタイプおよびACタイプのものが知られている（DCは直流、ACは交流を意味する）。いずれにしても、空気中に配置した電極（Emitter）近傍で発生する電界強度が、空気の絶縁破壊電界強度以上となるような直流または交流の高電圧を該電極に印加することによってコロナ放電を行わせるものであり、それぞれ次のような特徴を有する。

Pulsed-DCタイプ：これは、第19図に図解的に示したように、所定の間隔（例えば数10cmの間隔）を開けて対向配置された一対の針状エミッタ（タングステン電極）100aと100bに、例えば+13～+20kVまたは-13～-20kVの直流を、例えば1～11秒間隔（パルス）で交互に印加してエミッタ100aと100bから交互に正と負のイオン（air ions）を発生させ、このエアイオンを気流に乗せて帯電物体101に運び、帯電物体の帯電電荷と反対極性のイオンで中和する仕組みである。そのパルス波形の例を第20図に示した。

DCタイプ：これは、第21図に図解的に示した

ように、絶縁被覆された一對の導電性のバー102aと102b（これらのバーには多数本の針状エミッタ103a、103bが1～2cm間隔でそれぞれ埋め込まれている）を所定の間隔（例えば数10cm間隔）でバー軸を平行にして対向配置し、一方のバー102aの各エミッタ103aに+12～+30kV、他方のバー102bの各エミッタ103bに-12～-30kVの直流電圧を印加し、空気をイオン化する仕組みである。

ACタイプ：これは針状エミッタに高電圧の交流（周波数は商用の50/60Hz）を印加するものであり、例えば第22図に示すように、多数本のエミッタ104を二次元的拡がりをもって配置すると共にこれらを交流高圧電源105に対して絶縁被覆されたフレーム状の導電性バー106によって接続し、各エミッタ104の放電端を取り囲むように放電端から離してグリッド107を対極として配置し、このグリッド107を接地する構造のものが知られている。これによると、各エミッタ104と接地グリッド107との間で交流サイクルに応じて極性が反転する電界が形成され、各エミッタ104からイオ

ン空気が発生する。

ところが、これらいずれのタイプの公知のイオン発生器も、クリーンルーム内の帯電物品の除電に使用しようとする、以下のような問題に遭遇する。

先ず第一は、いずれのタイプでも、エミッタ自身によるクリーンルームの汚染の問題である。放電極である針状エミッタの材質はタングステンが最も好ましいとされているが、このエミッタに高電圧を印加してコロナ放電を行わせると、スパッタリング現象によって正イオン発生時におびただしい微粒子（ $0.1\mu\text{m}$ 以下の粒径のものが殆んどである）がエミッタ先端から発生し、これが清浄空気流に運ばれてクリーンルーム内を汚染する。

第二に、いずれのタイプでも、クリーンルーム内で長時間稼働するとエミッタの放電端に主として $\text{SiO}_2$ からなる白色の粉塵が目視できるほど付着堆積する。これは、クリーンルームに清浄空気を供給するためのフィルタ素材にその原因があると考えられる。この堆積粉塵によってイオン発生量

が低下したり、またこの堆積粉塵がクリーンルーム内に再飛散したりする問題を起す。したがって、エミッタの洗浄が怠れず、また前記のスパッタリング現象はエミッタ先端を損傷させるので頻繁な取り換えを必要とする。

第三に、クリーンルームの天井面に多数のイオン発生器を取付けると、クリーンルーム内のオゾン濃度が高くなることがある。その濃度は人体に影響を与えるほどではなくても、オゾンは反応性に富むので半導体製造には好ましくない。

そして、前記の各タイプそれぞれ次のような個別の問題がある。

DCタイプでは一方のエミッタ（第21図の例ではバー102a側のエミッタ）からは正にイオン化した空気が、他方のエミッタ（同バー102b側のエミッタ）からは負にイオン化した空気が空気流によって流れるので、正と負の何方かに偏ったイオンが帯電物品に到達することになりかねない。このため、帯電物品の帯電負荷の極性と同一極性のイオンが供給される機会も多く、この場合には除電

されることはない。逆に、帯電していないか若しくは帯電量が小さい物品に対しては、搬送された空気イオンによって帯電を助成する事態も起こり得る。この現象は特に正負の電極間距離を離れた場合に起こり易いが、電極間距離をあまり短くするとスパークが生じるといった問題がある。

Pulsed-DCタイプでは所定の周期でこのイオンの極性を反転させるのでその発生周期毎に交互に正負イオンが帯電物品に供給されることになり、DCタイプのように正負どちらかのイオンが連続して送られるといったことは避けられるが、その周期をあまり短くすると正と負のイオンが搬送気流中で混ざり合って帯電物品に到達する前に結合してイオンが消滅する度合いが多くなる。また逆に周期をあまり長くすると、正負イオンの結合の割合は低下する代わりに、正と負のイオンの大きな塊が交互に帯電表面に到達することになる。N. Blitshteyn, et. al., は Assessing the Effectiveness of Cleanroom Ionization Systems, Microcontamination, March 1985, P.46～52, 76におい

てPulsed-DCタイプでは帯電表面の電位は例えば第23図に示すように正と負を交互に繰り返して減衰することを報告している。この結果では、帯電表面は帯電電荷が無くなることはなく、正または負に500V程度の帯電が交互に生じることになる。近年の超LSIが数10Vの表面電位でも破壊されることを考えると、かような500Vの如き表面電位が生じることが、かえって製品歩留りを低下することにもなりかねない。

ACタイプは、正イオンと負イオンの発生量が異なるという基本的な問題がある。エミッタに高電圧の交流を印加すると、正イオンの発生量は負イオンの発生量の10倍以上となることもある。鈴木政典ほかは、第6回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集(1987),P269~276 およびこれに対応する英文文献, M.Suzuki, et.al, Effectiveness of Air Ionization Systems in Clean Rooms, 1988 Proceedings of The IES Annual Technical Meeting, Institute of Environmental Sciences, Mt.Prospect, Illinois,

の各種の静電気障害を、公知のイオン発生器が有する先述のような弊害を起こさないように、取り除くことにある。特に本発明は、ACタイプのイオン発生器の先述の問題を解決し、且つ公知のエミッタが有する共通した問題、すなわち発塵によるクリーンルーム汚染、粉塵の付着堆積およびオゾンの発生といった問題をも解決して、半導体製造環境の静電気の帯電を効果的に防止しようとするところにある。

#### (発明の構成)

本発明は、針状の放電極に高電圧を印加してコロナ放電により該放電極周辺の空気をイオン化するイオン発生装置において、導電性の接地グリッド又は適宜間隔で配置された複数の接地リングと、該接地グリッド又は接地リングの夫々の内側空間に配置された針状の放電極と、これらの放電極に対し正又は負に偏った不平衡交流高電圧(正または負に偏ったバイアス電圧が印加された交流高電圧)を印加する高圧電源と、該不平衡交流高電圧の大きさと正又は負の偏りの大きさと場合によっ

p.405~412 において、例えば第24図に示すような、ACタイプのイオン発生器で発生するイオン濃度の測定例を報告しているが、負イオンの濃度は正イオンのそれに比べて著しく少なくなっている。なお第24図の測定は水平方向に設置したHEPAフィルタから下方に清浄空気が一様に流れる空間内にACタイプのイオン発生器を設置して行われたものであり、図中のdはイオン発生器から測定点までの鉛直距離、lはイオン発生器中心軸(鉛直線)から測定点までの水平距離を表しており、BACKGROUNDはイオン発生器をOFFにしたときの、もともと気流中に含まれていたイオン濃度を表している。このように、従来のACタイプのイオン発生器では正イオン濃度の高いイオン空気が供給されるので、帯電表面は中和されるどころか数10ボルトから200ボルト程度の正の電位に帯電したままになることすらある。

#### (発明の目的)

したがって、本発明の目的とするところは、静電気によって引き起こされる、特に半導体製造時

では同期も調節できるコントローラとで構成したことを特徴とするイオン発生装置を提供するものである。そのさい、針状の放電極はその放電端に石英が被覆されたものを使用することもできる。また本発明は、このようなイオン発生装置を用いて清浄空間内の帯電物品を除電する設備、特に半導体製造時における既述のような問題の解決を図った設備を提供するものである。

この設備の要旨とするところは、針状の放電極に交流の高電圧を印加してコロナ放電を行わせる交流式イオン発生器を、フィルタを通過した清浄空気の流れの中に設置し、このイオン発生器によってイオン化された空気の流れを静電気を帯びた物体に供給して該帯電物体上の静電気を中和する設備において、

該イオン発生器における該放電極の放電端がセラミックスの誘電体材料で被覆されており、

該放電端が、グリッド状またはループ状の接地された対極に対して所定の距離を離して空気中に配置されることによって、1個の放電対が形成さ

れ、

この放電対が前記の清浄空気の流れを横切る方向に二次元的な並びをもつて多数配置され、

このように配置された多数の放電対のうち、或る放電対の放電極が、マイナスのバイアス電圧が付加された交流の高電圧電源に接続されることによって擬似陰極エミッタを構成し、他の放電対の放電極が、前記のマイナスのバイアス電圧よりもプラスの側に偏ったバイアス電圧が付加された交流の高電圧電源に接続されることによって擬似陽極エミッタを構成し、

これら擬似陰極エミッタと擬似陽極エミッタが前記の二次元的な並びをもつた配置のなかで分散して配置されていることを特徴とする、

すなわち本発明者らは、コロナ放電用の金属製(最も普通にはタングステン製)の放電極(エミッタ)の放電端を誘電体(dielectric)であるセラミックスの薄膜で被覆した場合には、これに交流の高電圧を印加してコロナ放電を行わせると被覆なしの場合に比べて空気をイオン化する能力

めないで、交流の高電圧を印加する必要がある、

さらに本発明者らは、ACタイプのイオン発生器の基本的な問題であった既述の正イオン濃度と負イオン濃度の大きな差、並びに正負の極性が経時的に周波数に応じて変化することによる空気移動中での中和の問題は、印加する交流の高電圧に所定のバイアス電圧を付加することによってほぼ完全に無くすることができ、交流の電圧をエミッタに印加するにも拘わらず、或るエミッタ(擬似陽極エミッタ)からは正イオン濃度の高い空気を継続的に、また、他のエミッタ(擬似陰極エミッタ)からは負イオン濃度の高い空気を継続的に生成させることができることを見い出した。したがって、この擬似陽極エミッタと擬似陰極エミッタの配置を分散させることによって、正イオンと負イオンをバランスして含む空気を帯電物品に送り込むことができ、既述の半導体製造における静電気障害を除くのに大きく貢献できることがわかった、

この場合、擬似陰極エミッタを構成している放

はそれほど低下させないで、放電端からの発塵をほぼ皆無にすることができ、しかも、このセラミック放電部にはクリーンルーム内での使用によっても粉塵が付着することがなく、加えてオゾンの発生も低下させることができることを見い出した。誘電体としてのセラミックスは、石英特に透明石英が好適であり、そのほか、アルミナ磁器、アルミナ-シリカ系磁器、さらには耐熱ガラス等が使用できる。この誘電体セラミックスの厚みは2mm以下、透明石英を使用した場合には、好ましくは0.05~0.5mmとする。なお、このような誘電体のセラミックスの薄膜で金属エミッタの先端を被覆した放電極に、本来の使用態様とは異なるが直流の高電圧を印加した場合には、電圧を印加した瞬間はエミッタ先端部の電界によって空気が電離され、正と負のイオンが発生するが、印加後一定時間が経過すると(例えば、0.3μsecの気流中では0.1秒後)、印加電圧と反対極性の空気イオンがエミッタの回りを取り囲み、エミッタ先端部の電界強度を弱めてしまい、持続的なイオンの発生は望

電極の放電端は、グリッド状またはループ状の接地された対極に対し所定の距離だけ気流の下流側に位置しているのが好ましい。また多数の放電対のうち、或る放電対の放電極が、マイナスのバイアス電圧が付加された共通の交流の高電圧電源に接続されることによって擬似陰極エミッタを構成し、他の放電対の放電極が、プラスのバイアス電圧が付加された共通の交流の高電圧電源に接続されることによって擬似陽極エミッタを構成するのが有利である。このような所定のバイアス電圧が付加された交流の高電圧電源を得るには、商用の交流を入力してこれを所定の高電圧の交流に昇圧する手段およびこの昇圧した交流に所定の正または負の直流のバイアス電圧を付加する手段を備えた電圧コントロール装置を使用すればよく、特に該交流電圧の大きさおよびバイアス電圧の大きさを自在に調整できる操作部を備えた装置に構成されたものがよい、

(発明の具体的態様)

以下に図面に示した本発明の具体的態様を説明



する。

第1図は、矢印1で示す清浄空気の流れの中に配置された本発明に従うイオン発生器の例を示したものであり、針状のエミッタ2とループ形状の接地対極3との対からなる放電部4が、清浄空気の流れを横切る方向に二次元的な並びをもって多数配置されている。図示されていないが、このイオン発生器が配置された位置より空気流れの上流側にはHEPAまたはULPAフィルターが設置されており、該フィルターによって浄化された空気がこのイオン発生器を通過する。そして、このイオン発生器を通過した一方向性の空気流が帯電物品の表面に向けて流れる。図示の例では、各針状エミッタ2は、その先端を気流の下流方向に向けて配置され、そして真円状のリングからなる対極3がその気流を横切る方向に配置されており、各エミッタ2の先端は、対極3のリングの中心を貫通する仮想線上にほぼ位置している。また図の例では、エミッタ2と対極3の対からなる放電部4をほぼ同間隔で6個並べて一つの列を構成し、この

列が、ほぼ平行に且つほぼ同一平面内に4列配置されている。すなわち、図の最上部の第1列目の各エミッタ2aと、上から第3列目の各エミッタ2aは、絶縁被覆された共通の導線6aによって電圧コントローラ装置5のOUT PUT 7aに通じ、他方、上から第2列目の各エミッタ2bと、上から第4列目の各エミッタ2bには、絶縁被覆された共通の導線6bによって電圧コントローラ装置5のOUT PUT 7bに通じている。後で詳述するように、OUT PUT 7bからはマイナス側に所定のバイアス電圧が付加された交流の高電圧が印加され、OUT PUT 7aからはOUT PUT 7bよりもマイナス側への偏りの少ない、場合によってはプラス側に偏ったバイアス電圧が付加された交流の高電圧が印加される。8は電圧コントローラ装置5の電圧操作部を示す。また、リング状の対極3は、どの列のものであるとは問わず、その全てが絶縁被覆された共通の導線9によってグラウンド10にアースされている。

第2図は、第1図の各放電部4を構成しているエミッタ2の詳細を示したものである。本発明に

従うエミッタは放電極の放電端が薄いセラミックスの誘電体材料で被覆されている点に特徴があるが、第2図の例では、放電極として先細りの針部13を先端にもつタングステン棒12をセラミックス製のチューブ14内に同心的に收容している。そのさい、セラミックス製のチューブ14の先端も先細りの針部15をもつ封鎖された形状とし、タングステン棒の針部13の先端が、このセラミックスチューブの針部15の内面と接触するようにする。これによって、タングステン棒の針部13はセラミックスチューブの薄い層で覆われる。第2図の例ではタングステン棒12の外径がセラミックス製のチューブ14の内径よりもやや小さく、また、タングステン棒の針部13のテーパ角度は、セラミックスチューブの針部15のテーパ角度よりも鋭角となっているので、タングステンの針部13がセラミックスチューブの針部15の内面に接するようにタングステン棒にセラミックスチューブを被着させれば、タングステン棒の針部13の先端中心が、セラミックスチューブの針部15の内面中心に自然に整

合して接することになる。タングステン棒12の他方の端部16は金属導体17に導通接続されている。この接続は、タングステン棒12よりも径大の金属導体17の端部に同心的にタングステン棒の端部16を緊密に所定の距離だけ挿入することによって達成される。この金属導体17は絶縁材料例えばガラスのチューブ18内に納められ、この絶縁チューブ18に対してセラミックスチューブ14の他方の端部19もシール部材20を介して接続されている。このようにして構成された本発明のエミッタ2は第3図に示すように、第1図で説明したリング状の接地対極3に対して、セラミックスカバー付きの放電端21が所定の距離を離して（該放電端21が対極リング3の仮想中心線上にほぼ位置するところに）配置されるが、その位置の固定は、十分な強度をもち、従ってそれ自身がかようなエミッタ構造を支持するフレーム材として機能する絶縁被覆導体6に吊るすことによって行われ得る。例えばこの絶縁被覆導体6は、太めの金属導体17を絶縁性樹脂22（例えば商品名 テフロン）で被覆すること

によって、これに多数のエミッタ構造物を吊るしても十分な強度をもつフレーム材としても機能する。またこれによって、絶縁被覆導体6は対極3を支持する(絶縁支持部材を介して支持する)ためのフレーム材としても機能する。したがって第3図に示すように絶縁被覆導体6に対して第2図のエミッタ構造物をジョイント部材23を介して意図する位置に通直接接することによって、エミッタ2は空気の流れの中に空気流れをそれほど乱すことなく配置できる。

本発明のエミッタの放電端21を被覆するセラミックスは誘電体材料からなることが必要であり、具体的には石英、アルミナ、アルミナ-シリカ、耐熱ガラス等のセラミックス材料が使用できるが、石英特に透明石英が好適である。タングステン棒の針部13を覆うその厚みは $2\text{mm}$ 以下、好ましくは $0.5\text{mm}$ 以下で $0.05\text{mm}$ 以上であるのがよい。そのさい、被覆セラミックスも針部(例えば第2図の15で示すような鋭角的な先端)を有することが必要である。タングステン棒のうち通常は放電部とは

12の端部28を絶縁被覆25から若干突出させ、この突出部に、針部15をもつセラミックスチューブ14を隙間をもって被せ、この隙間に導電性接着剤29を充填したものである。27は第4図と同様のシール材を示している。充填する導電性接着剤29としては銀粉末をエポキシ系樹脂に分散させたもの、黒鉛粉末をコロイドとしたもの、等が使用できる。第5図の例ではタングステン棒の端部28は針状に尖っていないが、尖っていてもよい。

第6図は、第1図の各放電部4を構成しているループ形状の接地対極3の一部を拡大して示したものである。この例の対極3は金属の真円状リングからなり、このリング状の対極3が、絶縁被覆を施した導体9によって、必要数だけほぼ同一面内に二次元的な広がりをもって所定の間隔を開けて、互いに接続されている。絶縁被覆を施した導体9は各リング状対極3を空間内に支持できるに十分な強度を有したものが使用され、したがってこの導体9自身が各リング状対極3を空間内の所定の位置に配列するためのフレームとしても機能

ならない針部以外の箇所、例えばタングステン棒12の胴部などは必ずしもセラミックスで被覆する必要はない。第4図および第5図はそのような例を示したもので、第4図のものは、タングステン棒12の先端部だけをセラミックスチューブ14で被覆した例を示している。すなわち、タングステン棒12の針部13の外側に、セラミックスチューブ14の針部15を密着して被覆し、タングステン棒12の胴部には他の絶縁材料(例えば絶縁性の樹脂)25を被覆してある。セラミックスチューブ14はタングステン棒12に接着材(例えばエポキシ樹脂系接着材)26を用いて固定し、この固定部にはシール材(例えばシリコン系シール材)27がタングステン棒が露出しないように覆われている。なお、この例ではタングステンの針部13の外表面と、セラミックスチューブの針部15の内表面との間に隙間が生じないように針部構造としてある。第5図の例ではセラミックスチューブ14の針部15とタングステン棒12の端28との間に導電性の接着剤29を充填した例を示している。すなわち、タングステン棒

している。そして、いずれのリング状対極3もこの導体9を通じてground 10にアースされる。この導体9が対極3を支持するフレームとしても機能することから、別途に対極3を空中に支持する支持部材を特に必要とせず、したがって、ここを流れる清浄空気流がその流れが乱されることが少なくなる。なお、対極3は図例のように真円状のリングであるのが好ましいが、必ずしも真円でなくとも楕円形などであってもよい。また、従来のACタイプで使用されたような平行な多数の直線を二次元的にクロスさせたグリッド状であってもよく、また場合によっては、多角形の導体の輪を絶縁被覆した導体で接続したものであってもよい。いずれにしても、対極3の表面は、前記のエミッタのようにセラミックスで被覆したりはせず、金属表面を露出したまま使用して使用する。

第7図と第8図は、第1図の放電部4を形成するエミッタ2と対極3との位置関係を示したもので、いずれも、矢印で示す気流1の流れに沿う方向にエミッタ2がそして流れを横切る方向に対極

3が配置され、且つエミッタ2は対極3のほぼ仮想中心軸線に沿って配置されるのであるが、第7図の例ではエミッタ2のセラミックスカバー付き放電端21が、対極3よりも気流の上流側の方向に距離Gだけ離れた位置に設置された状態を、また第8図の例では、放電端21が対極3よりも気流の下流側の方向に距離Gだけ離れた位置に設置された状態を示している。すなわち第7図の例ではエミッタ2がリング状対極3を突き抜けず、第8図の例ではエミッタ2がリング状対極3を突き抜けている。本発明設備を稼働するにさいし、どちらの態様を採るかは、後述の電圧付与条件によって決定される。

さて、交流式イオン発生器において、本発明では前述のようにセラミックスカバー付きのエミッタを使用することを第一の特徴とすれば、第二の特徴は、各エミッタへの交流電圧の印加の仕方にある。すなわち本発明者らは、前記のセラミックスエミッタに交流の高電圧を印加するさいに、その交流に所定のバイアス電圧を付加することを試

みに大きな特徴がある。すなわち、交流周波数に応じて正と負のイオンを交互に発生させるのではなく、交流の高電圧を印加するにも拘わらず、或るエミッタからは實質的に正イオンだけを、他のエミッタからは實質的に負イオンだけを発生させるのである。最も代表的な例で言えば、或るエミッタへは或る大きさのマイナスのバイアス電圧を付加した高電圧交流を、また他のエミッタへはプラスのバイアス電圧を付加した高電圧交流を印加するのである。第1図に帰って説明すると、エミッタ2bで示す群にはマイナスのバイアス電圧を付加した高電圧の交流を印加することによって負イオン濃度の高い空気を継続的に発生させ、エミッタ2aで示す群には、プラスのバイアス電圧またはマイナスであっても前者のものよりもその絶対値が低いバイアス電圧を付加した高電圧の交流を印加することによって正イオン濃度の高い空気を継続的に発生させるのである。

いずれのエミッタにも交流電圧が印加されることには変わりはないので、各エミッタは厳密な意

味した結果、その付加するバイアス電圧の極性（プラスかマイナスか）並びにその大きさを適正にするならば、交流を印加するにも拘わらず、或るエミッタからは正イオン濃度の高い空気を継続的に生成させ、或るエミッタからは負イオン濃度の高い空気を継続的に生成させることができることを見出した。すなわち、従来のACタイプのイオン発生器は、正イオンと負イオンが、その発生濃度には差があるものの、交流の周波数に応じて交互に発生することを原則とするものであった。またセラミックスカバー付きのエミッタに直流の高電圧を印加したのでは、既述のように、電圧を印加した瞬間では正と負のイオンが発生するが、直ぐに印加電圧と反対極性の空気イオンがエミッタの放電部を取り囲んでエミッタ先端部の電界強度を弱めるので持続的なイオンの発生は望めないもので、高電圧は交流にすることが必要であった。本発明は、ACタイプのイオン発生器において、或るエミッタからは正イオンを継続的に発生させ、他のエミッタからは負イオンを継続的に発生させる点

味では陽極ともまた陰極ともなり得るものであるが、本発明の説明の都合上、マイナスのバイアス電圧を付加して負イオン濃度の高い空気を継続的に発生させるエミッタを“擬似陰極エミッタ”と呼び、他方、これよりは正の側に偏ったバイアス電圧を付加して正イオン濃度の高い空気を継続的に発生させるエミッタを“擬似陽極エミッタ”と呼ぶことにする。この定義に従うと、第1図において、エミッタ2aの群は擬似陽極エミッタ、エミッタ2bの群は擬似陰極エミッタを示しており、擬似陽極エミッタ2aの全ては被覆導線6aによって電圧コントローラ装置5のOUT PUT 7aに通じ、他方擬似陰極エミッタ2bの全ては被覆導線6bによって電圧コントローラ装置5のOUT PUT 7bに通じている。OUT PUT 7aと7bからは、それぞれ極性または大きさの異なるバイアス電圧が付加された高電圧の交流が出力する。第1図における8は、各OUT PUT 7aと7bに出力する交流の電圧の形態を操作する操作部を表している。

第9図は、第1図の電圧コントローラ装置5お

よび操作部8の回路を示したものである。図示のように商用のAC（図例ではAC 100V）のINPUT 31を共通にして、4個のトランス32, 33, 34および35が並列に配置されている。そして、これら各トランスの入力側には、それぞれ可変抵抗器（スライダック） $T_1, T_2, T_3$ および $T_4$ が備えられている。これらのスライダックが第1図の操作部8を構成する。トランス32は、前述の擬似陽極エミッタ2aに通じるOUT PUT 7aに、商用電圧（100 V）を例えば8 Kv以上に昇圧して出力し、トランス33は、前述の擬似陰極エミッタ2bに通じるOUT PUT 7bに、同じく商用電圧（100 V）を例えば8 Kv以上に昇圧して出力する。したがってトランス32と33は、商用交流を周波数をそのままにして昇圧する通常の交流トランスである。一方、トランス34と35は、いずれも整流器を内装したトランスであり、商用交流を整流したうえ昇圧する。したがってこれらを直流トランスと呼ぶことにする。直流トランス34は昇圧したマイナスの直流電圧を出力し、これはトランス33の二次巻線の片側に接続される。した

がって、OUT PUT 7bからは、交流トランス33で昇圧した交流成分に所定のマイナスのバイアス電圧が付加された合成電圧が印加される。他方、直流トランス35は昇圧したプラスの直流電圧を出力し、これはトランス32の二次巻線の片側に接続される。これにより、OUT PUT 7aからは、交流トランス32で昇圧した交流成分に所定のプラスのバイアス電圧が付加された合成電圧が印加される。なお第9図において、Fはヒューズ、SWは電源スイッチ、Z<sub>1</sub>およびZ<sub>2</sub>は電源投入時におけるノイズを吸収してパルス成分供給を少なくするためのスパークキラーを示す。この構成になる回路によれば、スライダック $T_1$ と $T_2$ の操作によってOUT PUT 7aから擬似陽極エミッタ2aに出力する交流電圧およびプラス側のバイアス電圧の大きさを自在に調節でき、またスライダック $T_3$ と $T_4$ の操作によってOUT PUT 7bから擬似陰極エミッタ2bに出力する交流電圧およびマイナス側のバイアス電圧の大きさを自在に調節できる。

第10図は、第1図の電圧コントローラ装置5お

よび操作部8を構成する一層好ましい回路を示したものである。この回路装置は、商用の交流（AC 100V）の端子31にトランス37を取付けたうえ、その二次側に整流回路38、定電圧回路39、インバータ回路40、高圧変換トランス41、高圧ブロック42を順に接続したものである。整流回路38ではトランス37で得られた交流を全波整流し直流に変換する。定電圧回路39は出力電圧を一定にするものである。入力する商用交流の電圧が変動した場合には整流回路38で得られる直流電圧もそれに伴って変動し、後続の高圧変換トランス41の入力電圧が変化して最終的な出力電圧を一定にできなくなるので、この定電圧回路39を挿入する。インバータ回路40には発振回路が組み込まれており、定電圧回路39から出力する定電圧直流を方形波にチョッパする。この方形波の電圧は高圧変換トランス41によって昇圧され、例えば第11図(a)の43に示すような方形波の交流を得る。該高圧変換トランス41は、絶縁トランスの後段にスライダックを入れた構成とすることにより、交流電圧の大きさを可変

にできる。この交流電圧は高圧整流器（ダイオード）D1～D2および高圧抵抗R1～R6を組み込んだ高圧ブロック42を経てOUT PUT 7aおよび7bに出力する。そのさい、この高圧ブロック42内において、トランス41の二次巻線は、片側がアースされた接地線44、他方の側がOUT PUT 7aと7bに通ずる出力線45と46に分岐し、OUT PUT 7aに通ずる出力線45と接地線44の間にプラス側の電流は流さずマイナス側の電流だけを流すダイオードD1が介装され、また、OUT PUT 7bに通ずる出力線46と接地線44の間にマイナス側の電流は流さずプラス側の電流だけを流すダイオードD2が介装されており、また抵抗R1～R6が図示のように組み込まれていることから、OUT PUT 7aに対しては、トランス41で昇圧されたプラス側の電圧はそのまま加わるが、マイナス側の電圧は、D1によりアース側に流れる分だけゼロ側に近づいた値となる。このアース側に流れるマイナスの電流はR1とR5の抵抗比率によって調整される。したがってOUT PUT 7aには、例えば第11図(b)の47の波形に示されるようなブラ

ス側に偏った（バイアスした）電圧が印加される。この場合にはプラス側のバイアス電圧  $V_0$  が加わっていると言い得る。他方 OUT PUT 7b 側には全く同様にして、例えば第11図(c)の48の波形に示されるようなマイナス側に偏った（バイアスした）電圧が印加される。この場合には、マイナス側のバイアス電圧  $V_0$  が加わっていると言い得る。この第10図の回路装置の場合には、高圧変換トランス41のスライダックの部分で擬似陽極エミッタ2aと擬似陰極エミッタ2bに出力する交流電圧の大きさを自在に調整でき、また抵抗 R1 と R5 の比率、正確には  $R5/(R1 + R5)$  の比率を調整することによって、OUT PUT 7a から擬似陽極エミッタ2aに出力するプラス側のバイアス電圧  $V_0$  の大きさを自在に調節できる。同様に、抵抗 R2 と R6 の比率、正確には  $R6/(R2 + R6)$  の比率を調整することによって、OUT PUT 7b から擬似陰極エミッタ2bに出力するマイナス側のバイアス電圧  $V_0$  の大きさを自在に調節できる。

この第9図と第10図に示した電圧コントローラ

気の流れに運ばれて帯電物品に到達し、他方擬似陽極エミッタ2aにも交流電圧が印加されるにも拘わらず正イオン濃度が高く負イオン濃度の少ないイオン化された空気が継続的に生成し、これが清浄空気の流れに運ばれて帯電物品に到達する。したがって、気流を横切る方向に二次元的な拡がりをもって多数配置する擬似陰極エミッタ2bと擬似陽極エミッタ2aの配置態様を適切にすることによって、例えば第1図のようにそれらの列を交互にしたり、場合によっては個々に2bと2aを互い違いに隣接させたり、更には千鳥状にしたり、2bの少数の群と2aの少数の群を交互に配置したりすることによって、このイオン発生器の下流側に存在する帯電物品に対して、その状況に最も望ましいように、負イオンと正イオンをバランスさせて供給することができる。

〔発明の作用効果〕

以下に本発明者らが行った代表的な試験例を挙げて、本発明に従う交流式イオン発生器の作用効果を具体的に説明しよう。

装置5および操作部8を構成する電気回路は本発明の実施において好ましいものであるが、重要なことは、OUT PUT 7bからは商用交流を例えば8kV以上に昇圧したうえ、マイナス側に偏ったバイアス電圧を付加したバイアス付き高電圧交流を、その昇圧量およびバイアス量を調節可能にして印加でき、他方、OUT PUT 7aからは商用交流を例えば8kV以上に昇圧したうえ、OUT PUT 7bとは異なる（マイナス側への偏りの少なく、場合によってはプラス側に偏った）バイアス電圧を付加したバイアス付き高電圧交流を、その昇圧量およびバイアス量を調節可能にして印加できるような電気回路を構成することであり、このような電気回路であれば、第9図と第10図のもの以外のものも本発明の実施に使用できる。

このような回路をもつ電圧コントローラ装置5を使用することによって、擬似陰極エミッタ2bには交流電圧が印加されるにも拘わらず負イオン濃度が高く正イオン濃度はゼロに等しいようなイオン化された空気が継続的に生成し、これが清浄空

第12図は試験に供した設備の略図であり、垂直層流式クリーンルーム内の上から下に向かう流速が0.3m/secの一様清浄空気流れの中に、第2図に示した構造の石英カバー付きのエミッタ2の一本をその軸を鉛直方向にして配置する。その寸法は、第2図の符号で説明すれば、タングステン棒12の直径は1.5mm、石英管14は外径3.0mm、内径2.0mmであり、石英管14の先細りの針部15の長さが5mmである。またガラス管18は外径8mm、内径6mmであり、その中に3mm径の金属導体17が通っている。このエミッタ2は鉛直方向のガラス管18および横方向に延びる樹脂被覆管22内を経て電圧コントローラ5に導体で接続される。ステンレス鋼の真円のリング状接地対極3がその仮想中心軸線を鉛直方向にして配置され、この仮想中心軸にエミッタ2の軸をほぼ一致させ、接地対極3を上下方向にスライドさせることによってエミッタ2の放電端21と接地対極3の中心までの距離Gをコントロールする。このGは、放電端21が対極3よりも気流の上流側に位置するとき（第7図に示した状態）はプ

ラスの値。他方、放電端21が対極3のリングを突き抜けて、対極3よりも気流の下流側に位置するとき(第8図に示した状態)にマイナスの値となる。またDは対極3のリング直径を表す。このように構成した放電部のエミッタ2にバイアス電圧を付加した高電圧の交流を印加し、エミッタ2の放電端21から1200mm離れた下方にイオン濃度計50を配置して、ここに到達する正イオン濃度および負イオン濃度(単位:  $\times 10^3/cc$ )を測定する。そしてエミッタ2に印加する交流電圧の交流成分実効値を $V_a$ 、バイアス電圧を $V_b$ とする。交流成分実効値 $V$ は、第13図に示すように、交流波形のゼロから片側ピークまでの電圧の $1/\sqrt{2}$ 倍の大きさである。またバイアス電圧 $V_b$ は、第14図に示すように、交流波形に付加する直流成分の大きさを示し、プラス側にバイアスを付加した場合には正の値、マイナス側にバイアスを付加した場合には負の値となる。

第15図は、 $D = 80mm$ の接地対極3を使用し、 $G = -25mm$ として、エミッタに周波数 $= 50Hz$ で、 $V_a$

$= 11kV$ の高電圧の交流を、 $V_b$ を変化させて印加した場合に、イオン濃度計50で測定されたプラスおよびマイナスイオン濃度を示したものである。第15図の結果は、交流をエミッタに印加するにも拘わらず、 $V_b$ のコントロールによって正イオンまたは負イオンに著しく偏ったイオン化空気が得られるという極めて興味深い事実を示している。すなわち、正イオン濃度について見ると、 $V_b$ が $+2kV$ 付近で極大値を示し、 $V_b$ が $-2 \sim 0kV$ 付近で正イオン濃度は急激に減少する。一方、負イオン濃度は、 $V_b$ が $-4kV$ 付近で極大値を示し、これより $V_b$ が高くなると負イオン濃度は急激に低下する。この試験条件下では、 $V_b$ を適切にコントロールさえすれば、実質的に正イオンだけまたは実質的に負イオンだけを発生させることができる。例えば、 $V_b$ を0より正の側に印加すれば負イオンは殆んど発生せず高い濃度の正イオンだけを発生させることができる。また $V_b$ を $-3kV$ よりも、好ましくは $-4kV$ よりもさらに負の側に印加すれば正イオンは殆んど発生させずに高い濃

度の負イオンだけを発生させることができる。

この試験条件下では $V_b$ が $-3 \sim 0kV$ の領域では、正負両イオンが発生する。したがって、この $V_b$ の領域では1個のエミッタから正負両イオンを発生させることも可能である。そのさい、印加する交流の周波数に対応して正イオンと負イオンが交互に発生することになる。しかし、このように高い周波数で正イオンと負イオンを同一のエミッタから交互に発生させる方式では、帯電物品に届くまでの空中移動中に中和してしまつて帯電物品の除電に供される有効イオンの量が減少すること、さらには、この $V_b$ の領域では僅かに $V_b$ が変化しても正負のイオン濃度が大きく変化するもので $V_b$ のコントロールが難しいことから必ずしも有利な除電方式とは言えない。

他方、この試験条件下では、或るエミッタには $V_b$ を0より正の側に強く印加すれば正イオンだけが発生するエミッタ(つまり、擬似陽極エミッタ2a)となり、或るエミッタには $V_b$ を例えば $-3kV$ よりもさらに負の側に強く印加すれば殆んど

負イオンだけが発生するエミッタ(つまり、擬似陰極エミッタ2b)となるから、この両エミッタを気流の流れを横切る方向にその配列を適切にして分散して配置すれば、帯電物品には正イオンと負イオンのバランスのとれたイオン化空気を連続して供給することができることになる。

第16~18図は、前記のようなバイアス電圧の効果の説明しようとするものであり、第16図のようにマイナスのバイアス電圧 $V_b$ が印加された交流では図中の(a)で示す正の電圧の大きさは、実効値 $V$ より $|V_b|$ だけ低い( $V - |V_b|$ )であるのに対し、(b)で示す負の電圧の大きさは、実効値 $V$ より $|V_b|$ だけ高い( $V + |V_b|$ )となる。したがって、この交流電圧がエミッタ2に印加されると、その先端付近の電界強度は、(a)よりも(b)の方が大きくなり、正イオンを下方に移動させようとするクーロン力よりも、負イオンを下方に移動させようとするクーロン力の方が一層大きくなる。第17図は(a)の正の電圧が印加されているときの状態を、また第18図は(b)の負の電圧が印加されてい

るときの状態を図解的に示したものであり、イオンに示した矢印はクーロン力の大きさを表すものである。したがって、この場合には、正負の電圧がエミッタ2に印加されるにも拘わらず、全体としては正イオンと比較すると、より多くの負イオンがイオン濃度計50に到達することになる。

本発明者らは、前記の試験において、 $V$ 、 $G$ 、 $D$ 等の因子を変えて $V_0$ の影響を種々調べたが、気流の速度が $0.15 \sim 0.5 \text{ m/sec}$ において正イオンを発生させる擬似陽極エミッタ2aの条件としては、

$$\begin{aligned} 8 \text{ Kv} &\leq V \\ -80 \text{ mm} &\leq G \leq 80 \text{ mm}, \\ 50 \text{ mm} &\leq D \leq 150 \text{ mm}, \\ -8 \text{ Kv} &\leq V_0 \leq 8 \text{ Kv} \end{aligned}$$

の範囲が好ましく、他方、負イオンを発生させる擬似陰極エミッタ2bの条件としては、

$$\begin{aligned} 8 \text{ Kv} &\leq V \\ -80 \text{ mm} &\leq G \leq 0 \text{ mm}, \\ 50 \text{ mm} &\leq D \leq 150 \text{ mm}, \\ -8 \text{ Kv} &\leq V_0 \leq 0 \text{ Kv} \end{aligned}$$

$/(\text{l}^3)$ 、 $10 \text{ Kv}$ では $2.5 \times 10^4$  (個/ $\text{l}^3$ )、 $20 \text{ Kv}$ では $2.9 \times 10^4$  (個/ $\text{l}^3$ ) の発塵が生じた。また、石英管14を付けた本発明に従うエミッタを1050時間使用後に、その放電端部を顕微鏡観察したが、使用後の形態は使用前のものと全く区別が付かず、粉塵の附着も損傷も全くなかった。さらに、本発明に従うエミッタに $11.5 \text{ Kv}$ の交流を印加してエミッタ端部から $12.5 \text{ cm}$ 下方のオゾン濃度を測定したが $1 \text{ ppb}$ 以下の検出不能な値となった。

以上説明したように、本発明によると、既述の従来技術において内蔵していた問題の殆んどが解決され、特に半導体製造における静電気障害を効果的に防止できる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に従うイオン発生器の配置状態の概略を示す斜視図、第2図は第1図の各放電部を構成しているエミッタの例を示した断面図、第3図は第1図の放電部を構成しているエミッタと対極の拡大図、第4図は第1図の各放電部を構成するエミッタの他の例を示した断面図、第5図は

の範囲が好ましいことがわかった。

両者において $G$ と $V_0$ の違いが目立つが、擬似陰極エミッタ2bの場合には、 $G$ は第8図の態様のようにエミッタの先端21が対極3よりも気流の下流側に突き抜けているのが好ましく、且つ $V_0$ はマイナス側に限られるのに対し、擬似陽極エミッタ2aでは $G$ は第7図のようにエミッタの先端21が対極3よりも気流の上流側に位置していても、また第8図のように気流の下流側に位置していてもよく、また $V_0$ は必ずしもプラス側だけには限らないということである。

また、本発明者らは、第12図の試験設備においてエミッタに $20 \text{ Kv}$ の高電圧の交流を印加してもこの放電部からの発塵は全く検出できなかった。これに対して、第2図で示した石英管14を取り除いてタングステン棒12を露出した状態での試験を実施したところ、コロナ開始電圧 $6 \text{ Kv}$ 以上になると発塵し始め、空気中に含まれる $0.03 \mu\text{m}$ 以上の粒子数を、エミッタの端部から鉛直下方へ $160 \text{ mm}$ 離れた位置で計測したところ、 $6 \text{ Kv}$ では $7.4 \times 10^4$  (個

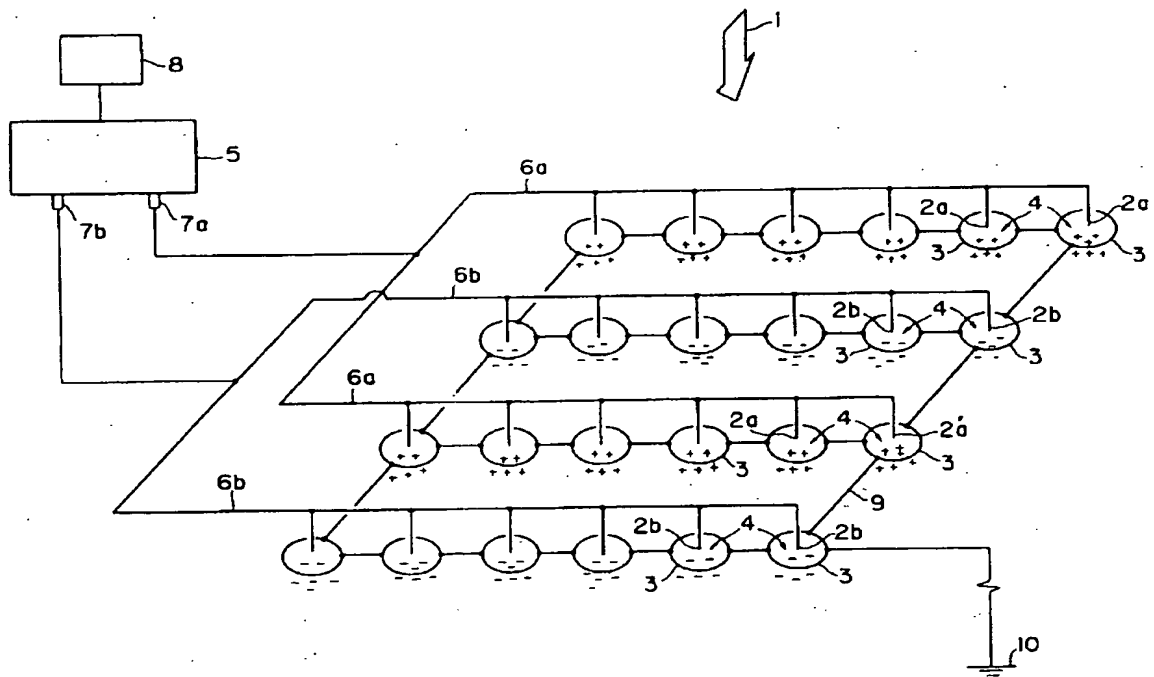
第1図の各放電部を構成するエミッタのさらに他の例を示した断面図、第6図は第1図の各放電部を構成する対極の例を示した斜視図、第7図は第1図の各放電部を構成するエミッタと対極との位置関係の例を示した図、第8図は第1図の各放電部を構成するエミッタと対極との位置関係の他の例を示した図、第9図は第1図の電圧コントローラ装置およびその操作部の電気回路の例を示した回路図、第10図は第1図の電圧コントローラ装置およびその操作部の電気回路の他の例を示した回路図、第11図は第10図の電気回路によって得られる方形波の例を示した図、第12図は本発明に従うイオン発生器の試験に供した設備の配置図、第13図は第12図の試験において印加する高電圧の交流成分実効値を説明する波形図、第14図は第12図の試験において印加するバイアス電圧を説明する波形図、第15図は第12図の試験設備において所定の条件下でバイアス電圧 $V_0$ を変化させて印加した場合にイオン濃度計で測定されたプラスおよびマイナスイオン濃度を示した図、第16図はバイアス

電圧の効果の説明するための交流波形図。第17図は第16図の波形における(a)の正の電圧が印加されているときの放電部の状態を図解的に示した図、第18図は第16図の波形における(b)の負の電圧が印加されているときの放電部の状態を図解的に示した図、第19図は従来のPulsed-DCタイプのイオン発生器の要部を示す概略図、第20図は第19図のイオン発生器に印加する電圧の波形を示す図、第21図は従来のDCタイプのイオン発生器の要部を示す概略図、第22図は従来のACタイプのイオン発生器の要部を示す概略図、第23図は従来のPulsed-DCタイプのイオン発生器を用いた場合の帯電表面電位の経時変化の例を示した図、そして第24図は従来のACタイプのイオン発生器で発生するイオン濃度の測定例を示す図である。

- 2・・・エミッタ（針状の放電極）
- 2a・・・擬似陽極エミッタ、
- 2b・・・擬似陰極エミッタ
- 3・・・接地対極、
- 4・・・放電対、

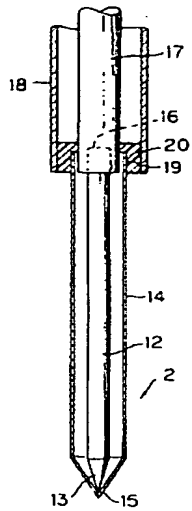
- 5・・・電圧コントローラ装置、
- 6・・・絶縁被覆された導線、
- 7b・・・マイナス側にバイアス電圧が付加された交流の高電圧の出力端子、
- 7a・・・7aよりもプラス側に偏ったバイアス電圧が付加された交流の高電圧の出力端子、
- 8・・・電圧コントローラ装置の操作部、
- 9・・・対極の接地導線、
- 12・・・タングステン棒、
- 13・・・セラミックス製チューブ、
- 15・・・セラミックス製チューブの針部、
- 21・・・エミッタの放電端、
- 32,33・・・交流トランス、
- 34,35・・・直流トランス、
- 38・・・整流回路、
- 39・・・定電圧回路、
- 40・・・インバータ回路、
- 41・・・スライダック付きの高圧変換トランス、
- 42・・・高圧ブロック、

第 1 図

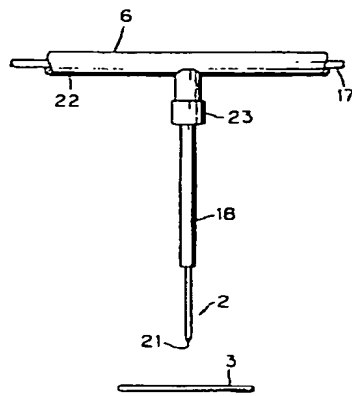




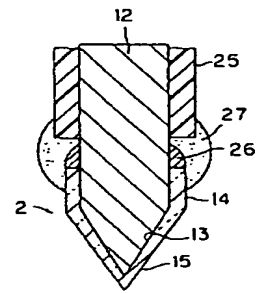
第 2 図



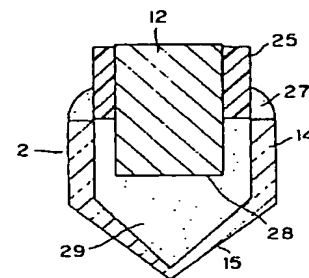
第 3 図



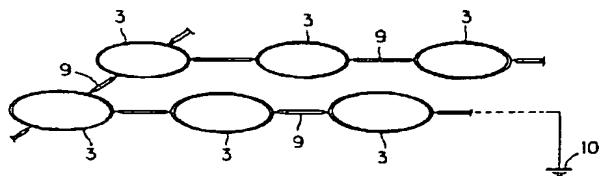
第 4 図



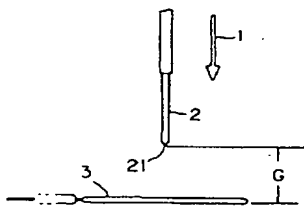
第 5 図



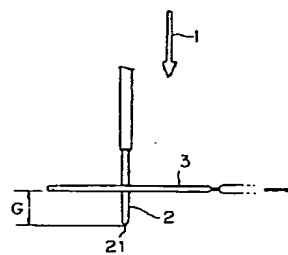
第 6 図



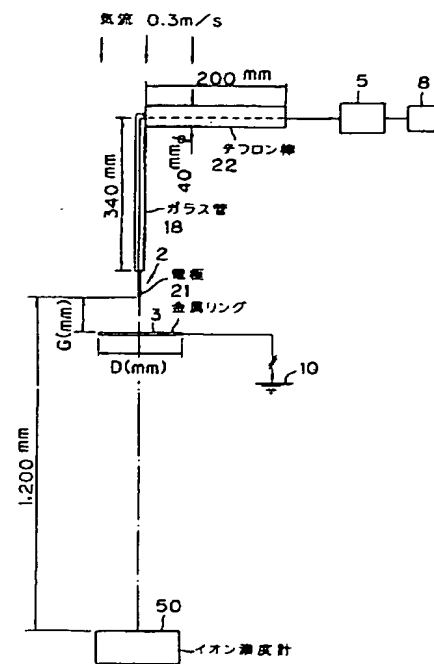
第 7 図



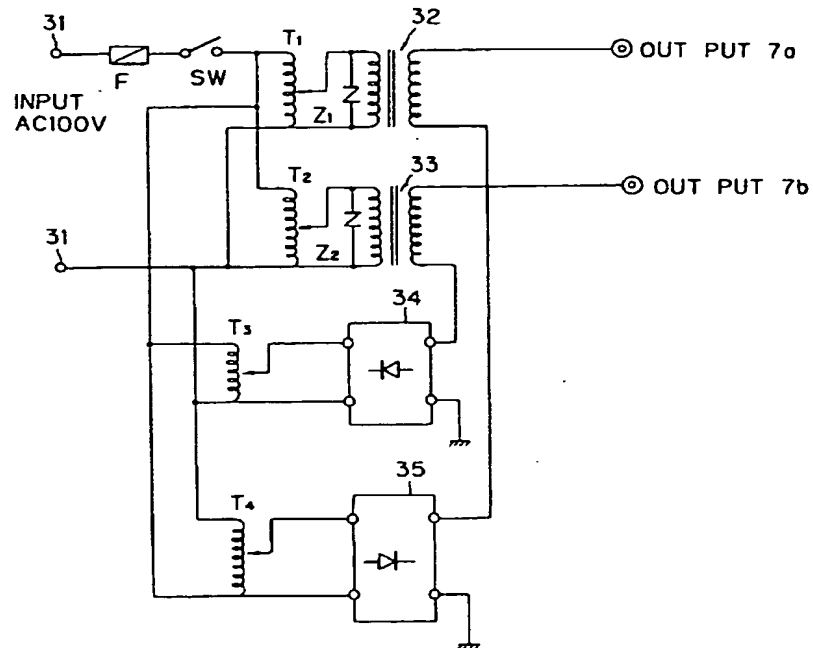
第 8 図



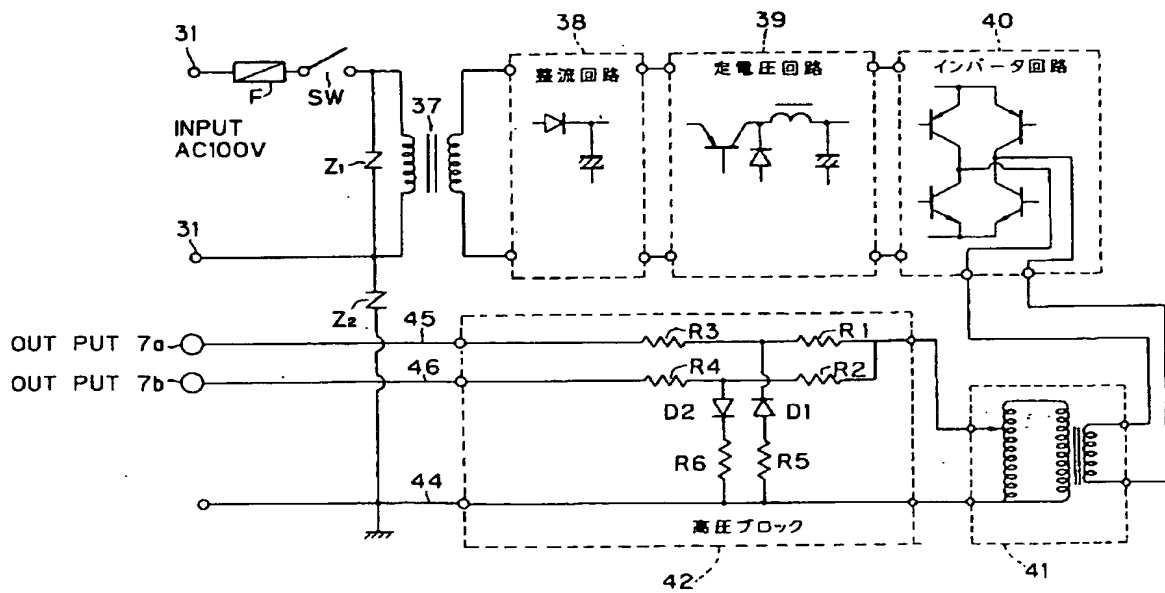
第 12 図



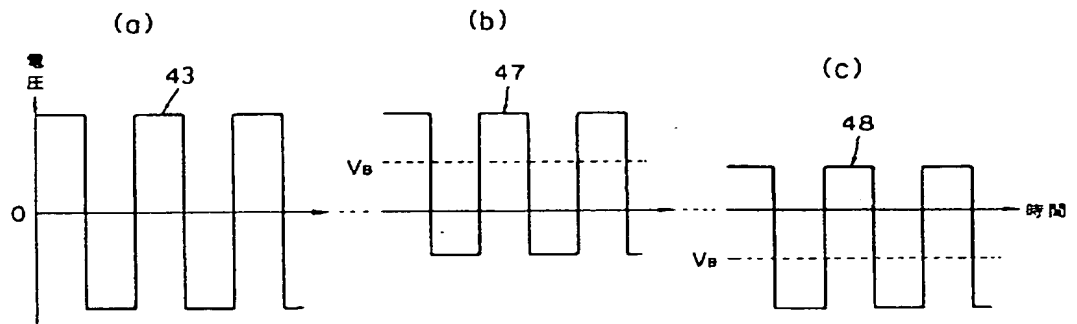
第 9 図



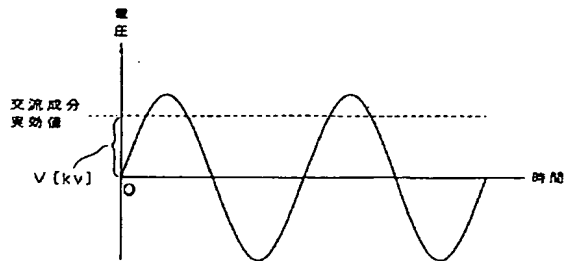
第 10 図



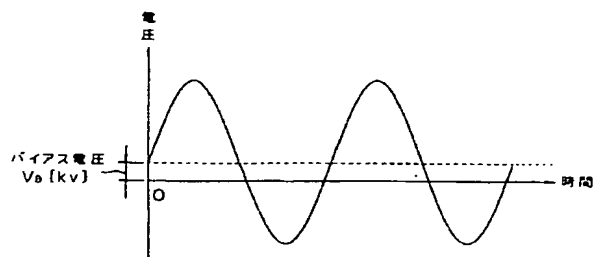
第 11 図



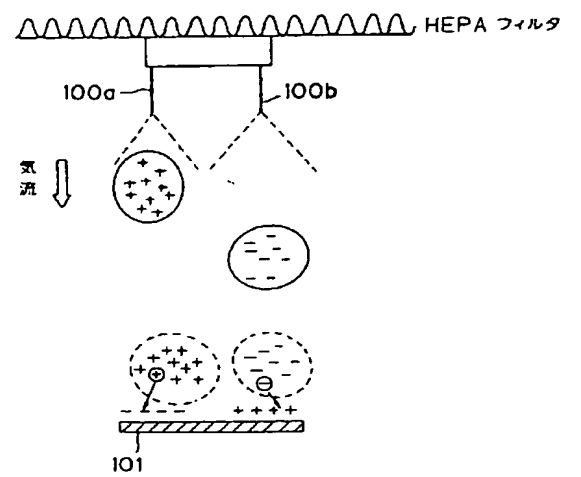
第 13 図



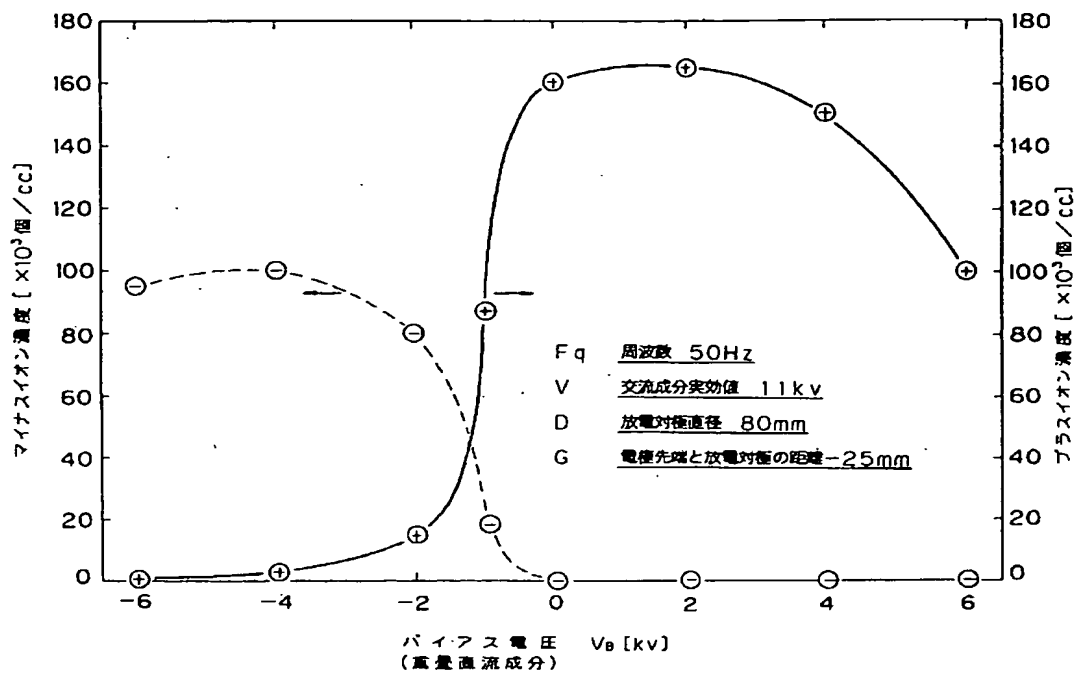
第 14 図



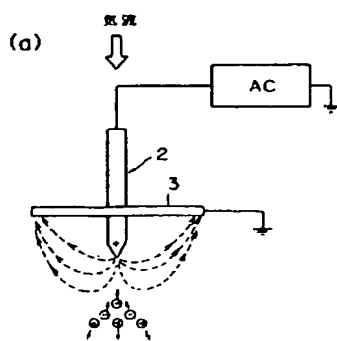
第 19 図



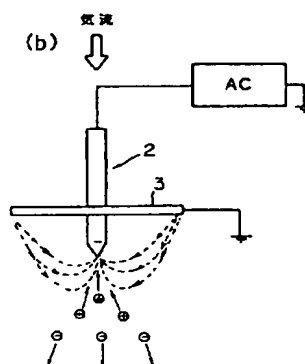
第 15 図



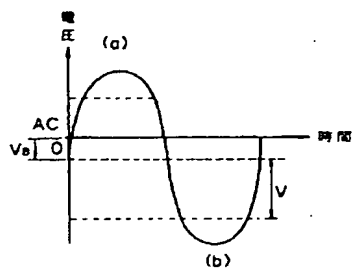
第 17 図



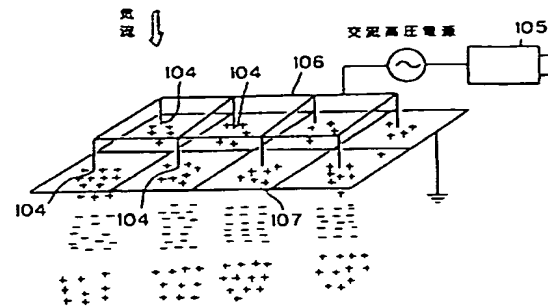
第 18 図



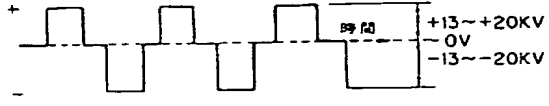
第 16 図



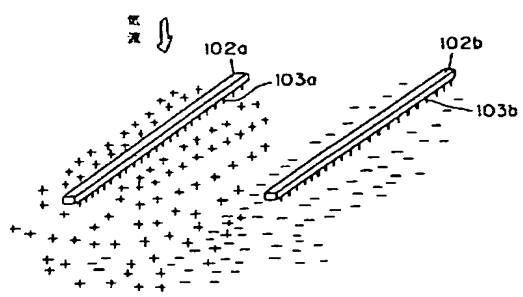
第 22 圖



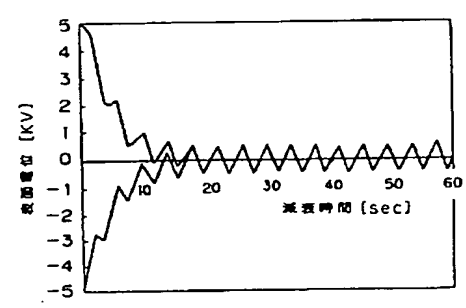
第 20 圖



第 21 圖



第 23 圖



第 24 圖

